

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日      2004年 3月 3日  
Date of Application:

出願番号      特願2004-059674  
Application Number:

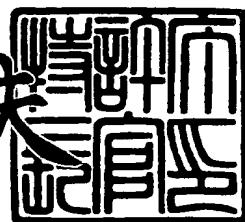
[ST. 10/C] :      [JP2004-059674]

出願人      東京エレクトロン株式会社  
Applicant(s):

2004年 3月 22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 TYL04003  
【提出日】 平成16年 3月 3日  
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿  
【国際特許分類】 H01L 21/3065  
【発明者】  
【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内  
【氏名】 藤本 究  
【特許出願人】  
【識別番号】 000219967  
【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100095957  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 亀谷 美明  
【電話番号】 03-5919-3808  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100096389  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 金本 哲男  
【電話番号】 03-3226-6631  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100101557  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 萩原 康司  
【電話番号】 03-3226-6631  
【先の出願に基づく優先権主張】  
【出願番号】 特願2003- 95946  
【出願日】 平成15年 3月31日  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 040224  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 特許請求の範囲 1  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9602173

## 【書類名】特許請求の範囲

## 【請求項1】

気密な処理室内に処理ガスを導入してプラズマ化し、前記処理室内の被処理体に形成されたエッティング対象膜に対して、脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジストをマスクとしてプラズマエッティング処理を施すエッティング方法において、

前記被処理体の表面温度を20℃以下の温度条件に保持しつつ、前記プラズマエッティング処理を行うことを特徴とするエッティング方法。

## 【請求項2】

前記被処理体の表面温度を0℃以下の温度条件に保持しつつ、前記プラズマエッティング処理を行うことを特徴とする請求項1に記載のエッティング方法。

## 【請求項3】

前記エッティング対象膜は、ケイ素原子(Si)、酸素原子(O)、炭素原子(C)を含む低誘電率絶縁膜であることを特徴とする請求項1に記載のエッティング方法。

## 【請求項4】

前記被処理体の表面温度は、抜熱手段により前記被処理体の表面温度を低くすることを特徴とする請求項1に記載のエッティング方法。

## 【請求項5】

前記抜熱手段は、前記被処理体を冷媒を介して冷却する冷却手段を備え、

前記冷媒の温度を下げるにより、前記被処理体の表面温度が20℃以下の温度条件となるように制御することを特徴とする請求項4に記載のエッティング方法。

## 【請求項6】

前記抜熱手段は、前記被処理体を吸着保持する吸着保持手段を備え、

前記吸着保持手段の吸着力を高めることにより、前記被処理体の表面温度を低くすることを特徴とする請求項4に記載のエッティング方法。

## 【請求項7】

前記吸着保持手段に接触する前記被処理体の面を鏡面化することにより、前記吸着力を高めることを特徴とする請求項6に記載のエッティング方法。

## 【請求項8】

前記吸着保持手段の材質を、前記温度条件下においてもリーク電流が所望の値で流れるように制御することにより、前記吸着力を高めることを特徴とする請求項6に記載のエッティング方法。

## 【請求項9】

前記被処理体の表面温度は、吸熱手段により前記被処理体の表面温度を低くすることを特徴とする請求項1に記載のエッティング方法。

## 【請求項10】

前記吸熱手段として、前記処理室内に設けられプラズマを発生させるための電極に印加する高周波電力と被処理体の裏面に供給するバックガスの圧力を調整することにより、前記被処理体の表面温度を低くすることを特徴とする請求項9に記載のエッティング方法。

## 【請求項11】

気密な処理室内に処理ガスを導入してプラズマ化し、前記処理室内の被処理体に形成されたエッティング対象膜に対して、脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジストをマスクとしてプラズマエッティング処理を施すエッティング装置において、

前記被処理体の表面温度が20℃以下の温度条件に保持しつつ、前記プラズマエッティング処理を行うことを特徴とするエッティング装置。

## 【請求項12】

前記被処理体の表面温度が0℃以下の温度条件に保持しつつ、前記プラズマエッティング処理を行うことを特徴とする請求項11に記載のエッティング装置。

## 【請求項13】

前記エッティング対象膜は、ケイ素原子（Si），酸素原子（O），炭素原子（C）を含む低誘電率絶縁膜であることを特徴とする請求項11に記載のエッティング装置。

【請求項14】

前記被処理体の表面温度は、抜熱手段により前記被処理体の表面温度を低くすることを特徴とする請求項11に記載のエッティング装置。

【請求項15】

前記抜熱手段は、前記被処理体を冷媒を介して冷却する冷却手段を備え、

前記冷媒の温度を下げるにより、前記被処理体の表面温度が20℃以下の温度条件となるように制御することを特徴とする請求項14に記載のエッティング装置。

【請求項16】

前記抜熱手段は、前記被処理体を吸着保持する吸着保持手段を備え、

前記吸着保持手段の吸着力を高めることにより、前記被処理体の表面温度を低くすることを特徴とする請求項14に記載のエッティング装置。

【請求項17】

前記吸着保持手段に接触する前記被処理体の面を鏡面化することにより、前記吸着力を高めることを特徴とする請求項16に記載のエッティング装置。

【請求項18】

前記吸着保持手段の材質を、前記温度条件下においてもリーク電流が所望の値で流れるように制御することにより、前記吸着力を高めることを特徴とする請求項16に記載のエッティング装置。

【請求項19】

前記被処理体の表面温度は、吸熱手段により前記被処理体の表面温度を低くすることを特徴とする請求項11に記載のエッティング装置。

【請求項20】

前記処理室内に設けられプラズマを発生させるための電極に印加する高周波電力と被処理体の裏面に供給するバックガスの圧力を調整することにより、前記被処理体の表面温度を低くすることを特徴とする請求項19に記載のエッティング装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】エッチング方法及びエッチング装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、処理ガスをプラズマ化してエッチングするエッチング方法及びエッチング装置にかかり、より詳細には、脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジストをマスクとして被処理膜に対してエッチング処理を行うエッチング方法及びエッチング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

処理室内に導入した処理ガスをプラズマ化して被処理体例えば半導体ウエハ（以下、単にウエハと称する）上に形成されたエッチング対象膜に対してエッチングを行うものとして様々な技術がある。例えば特許文献1に記載の技術は、CF系ガスなどを処理ガスとして、ウエハ上に形成された酸化膜をエッチングするものである。

【0003】

このようなウエハ上のエッチング対象膜をエッチングする場合には、フォトレジスト等のレジストがマスクとして用いられている。特に最近では微細加工の要請に応えて約0.13μ以下の微細な開口パターンを形成するのに適したArFフォトレジストやF<sub>2</sub>フォトレジスト、すなわちArFガスやF<sub>2</sub>ガスを発光源としたレーザー光で露光するフォトレジストがよく使用されている。

【0004】

【特許文献1】特開平5-152255号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上述したArFフォトレジスト膜のようなレジスト膜は耐プラズマ性が低いため、エッチング途中でフォトレジスト層の表面が荒れてしまうという問題がある。フォトレジスト層の表面が荒れると、エッチングの進行とともに開口部の形状が変化して、設計した形状の通り形成できなくなってしまう。

【0006】

また、レジスト膜の表面に反応生成物が付着し易い処理ガスを用いてエッチングすることにより、レジスト膜の表面に付着した反応生成物を保護膜として機能させて、レジスト膜の耐プラズマ性を高めるようにすればよいとも考えられる（例えば特許文献1参照）。

【0007】

ところが、レジスト膜としてArFフォトレジスト膜のような脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジスト膜を用いると、処理ガスの種類によっては、その処理ガスのプラズマにより、レジスト膜から酸素が発生する。この酸素は、レジスト膜の表面でプラズマラジカルと反応して放出されるので、その部分には保護膜としての反応生成物が付着しない。このため、エッチングの進行により、レジスト膜のうち反応生成物が付着しない部分は、スパッタされて、エッチング途中でフォトレジスト膜がなくなる箇所ができる。これにより、本来エッチングしたくない箇所もエッチングされ、例えばエッチングで形成した孔の内側表面に縦すじ状の切欠（Striation：ストライエーション）が形成されてしまう。このようなストライエーションが発生すると、エッチングで形成した孔と孔との間隔が実質的に狭くなってしまうため、例えばショートの発生などの原因に繋がるなどの不都合が生じる。

【0008】

そこで、本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジスト膜をマスクとしてエッチング処理する際に、レジスト膜の表面荒れやストライエーションを抑制することができるエッチング方法及びエッチング装置を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

上記課題を解決するために、本発明の第1の観点によれば、気密な処理室内に処理ガスを導入してプラズマ化し、前記処理室内の被処理体に形成されたエッティング対象膜に対して、例えばArFフォトレジストなどの脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジストをマスクとしてプラズマエッティング処理を施すエッティング方法において、前記被処理体の表面温度を20℃以下の温度条件に保持しつつ、前記プラズマエッティング処理を行うことを特徴とするエッティング方法が提供される。

## 【0010】

また、上記課題を解決するために、本発明の第2の観点によれば、気密な処理室内に処理ガスを導入してプラズマ化し、前記処理室内の被処理体に形成されたエッティング対象膜に対して、脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジストをマスクとしてプラズマエッティング処理を施すエッティング装置において、前記被処理体の表面温度が20℃以下の温度条件に保持しつつ、前記プラズマエッティング処理を行うことを特徴とするエッティング装置が提供される。

## 【0011】

さらに、上記第1の観点及び第2の観点による本発明において、被処理体の表面温度は0℃以下の温度条件に保持しつつ、プラズマエッティング処理を行うことがより好ましい。なお、上記エッティング対象膜は、ケイ素原子(Si)、酸素原子(O)、炭素原子(C)を含む低誘電率絶縁膜(例えばCDO膜)であってもよい。

## 【0012】

このような第1の観点及び第2の観点による本発明によれば、脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジスト膜をマスクとしてエッティング処理する際に、プラズマエッティングによる反応生成物がレジスト膜の表面に付着する。このとき、被処理体の表面温度を20℃以下の温度条件に保持してエッティング処理するので、プラズマエッティング処理によりレジスト膜から発生する酸素がラジカルと反応して放出される現象よりも、プラズマエッティングによる反応生成物がレジスト膜の表面に付着する現象の方が勝るため、レジスト膜の表面には反応生成物が欠けることなく付着して保護膜として機能する。これにより、レジスト膜の表面荒れやストライエーションを抑制することができる。このため、所望のエッティング形状を得ることができる。

## 【0013】

また、上記被処理体の表面温度は、抜熱手段により前記被処理体の表面温度を低くするようにしてもよい。例えば抜熱手段は、前記被処理体を冷媒を介して冷却する冷却手段を備え、前記冷媒の温度を下げることにより、前記被処理体の表面温度が20℃以下の温度条件となるように制御するようにしてもよい。

## 【0014】

また、前記抜熱手段は、前記被処理体を吸着保持する吸着保持手段を備え、前記吸着保持手段の吸着力を高めることにより、前記被処理体の表面温度を低くするようにしてもよい。この場合、前記吸着保持手段に接触する前記被処理体の面を鏡面化することにより、前記吸着力を高めるようにしてもよい。

## 【0015】

また、例えばジョンソンランバック方式を利用した吸着保持手段を用いて被処理体を静電吸着させる場合には、前記吸着保持手段の材質を前記温度条件下においてもリーク電流が所望の値で流れるように制御することにより、前記吸着力を高めるようにしてもよい。

## 【0016】

また、上記被処理体の表面温度は、吸熱手段により前記被処理体の表面温度を低くするようにしてもよい。例えば吸熱手段として、前記処理室内に設けられプラズマを発生させるための電極に印加する高周波電力と被処理体の裏面に供給するバックガスの圧力を調整することにより、前記被処理体の表面温度を低くするようにしてもよい。

## 【0017】

なお、本明細書中  $1 \text{ mTorr}$  は  $(10^{-3} \times 101325 / 760) \text{ Pa}$ 、  $1 \text{ sccm}$  は  $(10^{-6} / 60) \text{ m}^3 / \text{sec}$  とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジスト膜をマスクとしてエッティング処理する際に、レジスト膜の表面荒れやストライエーションを抑制することができ、所望のエッティング形状を得ることができるエッティング方法及びエッティング装置を提供できるものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかる装置の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0020】

先ず、本発明の第1実施形態にかかるエッティング装置の概略構成を図1に示す。エッティング装置100は、電極板が上下平行に対向し、一方にプラズマ形成用電源が接続された容量結合型平行平板エッティング装置として構成されている。

【0021】

このエッティング装置100は、例えば表面が陽極酸化処理（アルマイト処理）されたアルミニウムからなる円筒形状に成形された処理室（チャンバー）102を有しており、この処理室102は接地されている。処理室102内の底部にはセラミックなどの絶縁板103を介して、ウエハWを載置するための略円柱状のサセプタ支持台104が設けられている。このサセプタ支持台104の上には、下部電極を構成するサセプタ105が設けられている。このサセプタ105にはハイパスフィルター（HPF）106が接続されている。

【0022】

サセプタ支持台104の内部には、冷却手段例えば温度調節媒体室107が設けられている。そして、導入管108を介して温度調節媒体室107に温度調節媒体例えば冷媒が導入、循環され、排出管109から排出される。このような冷媒の循環により、サセプタ105を所望の温度に制御できるようになっている。

【0023】

サセプタ105は、その上側中央部が凸状の円板状に成形され、その上にウエハWと略同形の吸着保持手段例えば静電チャック111が設けられている。静電チャック111は、絶縁材の間に電極112が介在された構成となっている。静電チャック111は、電極112に接続された直流電源113から例えば1.5kVの直流電圧が印加されることにより、静電力によってウエハWを静電吸着する。

【0024】

そして、絶縁板103、サセプタ支持台104、サセプタ105、さらには静電チャック111には、被処理体であるウエハWの裏面に、伝熱媒体（例えばHeガスなどのバックサイドガス）を供給するためのガス通路114が形成されており、この伝熱媒体を介してサセプタ105とウエハWとの間の熱伝達がなされ、ウエハWが所定の温度に維持されるようになっている。

【0025】

サセプタ105の上端周縁部には、静電チャック111上に載置されたウエハWを囲むように、環状のフォーカスリング115が配置されている。このフォーカスリング115は、セラミックス或いは石英などの絶縁性材料或いは導電性材料からなり、エッティングの均一性を向上させるようになっている。

【0026】

また、サセプタ105の上方には、このサセプタ105と平行に対向して上部電極121が設けられている。この上部電極121は、絶縁材122を介して、処理室102の内

部に支持されている。上部電極121は、サセプタ105との対向面を構成し多数の吐出孔123を有する電極板124と、この電極板124を支持する電極支持体125とによって構成されている。上記電極板は例えば石英からなり、上記電極支持体125は例えば表面がアルマイト処理されたアルミニウムなどの導電性材料からなる。なお、サセプタ105と上部電極121との間隔は、調節可能とされている。

#### 【0027】

上部電極121における電極支持体125の中央には、ガス導入口126が設けられている。このガス導入口126には、ガス供給管127が接続されている。さらにこのガス供給管127には、バルブ128、並びにマスフローコントローラ129を介して、処理ガス供給源130が接続されている。

#### 【0028】

この処理ガス供給源130から、プラズマエッティングのためのエッティングガスが供給されるようになっている。なお、図1には、上記の処理ガス供給源130等からなる処理ガス供給系を1つのみ図示しているが、これらの処理ガス供給系は複数設けられており、例えば、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、Ar、O<sub>2</sub>等のガスをそれぞれ独立に流量制御して、処理室102内に供給できるよう構成されている。

#### 【0029】

一方、処理室102の底部には排気管131が接続されており、この排気管131には排気装置135が接続されている。排気装置135はターボ分子ポンプなどの真空ポンプを備えており、処理室102内を所定の減圧雰囲気（例えば0.67Pa以下）まで真空引き可能に構成されている。また、処理室102の側壁にはゲートバルブ132が設けられている。

#### 【0030】

上部電極121には、第1の高周波電源140が接続されており、その給電線には整合器141が介挿されている。また、上部電極121にはローパスフィルター（LPF）142が接続されている。この第1の高周波電源140は、50～150MHzの範囲の周波数を有している。このように高い周波数の電力を印加することにより、処理室102内に好ましい解離状態でかつ高密度のプラズマを形成することができ、低压条件下的プラズマ処理が可能となる。この第1の高周波電源140の周波数は、50～80MHzが好ましく、典型的には図示した60MHzまたはその近傍の周波数が採用される。

#### 【0031】

下部電極としてのサセプタ105には、第2の高周波電源150が接続されており、その給電線には整合器151が介挿されている。この第2の高周波電源150は数百kHz～十数MHzの範囲の周波数を有している。このような範囲の周波数を印加することにより、被処理体であるウエハWに対してダメージを与えることなく適切なイオン作用を与えることができる。第2の高周波電源150の周波数は、典型的には図示した13.56MHzまたは2MHz等の周波数が採用される。

#### 【0032】

次に、上記エッティング装置100によりエッティング処理を行うエッティング対象膜について図面を参照しながら説明する。ここでは、ウエハW上に形成された酸化膜を、脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジストをマスクとしてエッティングする。具体的には図2に示すような膜構造200にエッティング処理を施す。この膜構造は、ウエハW上に形成されたエッティング対象膜となるシリコン酸化膜（SiO<sub>2</sub>膜）210、シリコン酸化膜210上に形成された反射防止膜220、この反射防止膜220上に形成されたArFフォトレジスト膜230を有する。ArFフォトレジスト膜230は、上記エッティング処理に先立って、シリコン酸化膜210上に有機系反射防止膜を介して形成し、露光工程、現像工程により例えば開口などを含む所定のパターンにパターンングした。

#### 【0033】

なお、エッティング対象膜としては、上記シリコン酸化膜に限られることはなく、TEO

S, BPSG, PSG, SOG, 熱酸化層, HTO, FSG, 有機系シリコン酸化膜, CORAL (ノベラス社) 等の酸化膜 (酸素化合物膜), 低誘電体有機絶縁膜等や金属膜, 金属化合物膜等であっても本発明を適用できる。

#### 【0034】

また, 脂環族アクリレート樹脂及び/または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジストとしては, 例えはArFフォトレジスト膜に本発明を適用できる。ArFフォトレジスト膜は, 193nmのレーザー光を吸収してしまうベンゼン環を有していないため, 193nmの波長を有するArFエキシマレーザーで露光することができる。上記ベンゼン環は, 高いプラズマ耐性を有するため, KrFフォトレジストなどに用いられているところ, ArFフォトレジスト膜は, このようなベンゼン環を含む樹脂を有していないため, ArFフォトレジスト膜をマスクとしてエッチング処理を行う場合には, レジスト膜の表面荒れやストライエーションの問題が生じる。この点, 本願発明によれば, このようなArFフォトレジスト膜などをマスクとしてエッチング処理を行う場合のストライエーションを防止できる点で優れた効果を有する。

#### 【0035】

次に, 上記エッチング装置100によりエッチング処理を行う際の動作について説明する。エッチング処理を行う場合には, ゲートバルブ132を開放して, ウエハWを処理室102内に搬入し, 静電チャック111上に配置する。次いで, ゲートバルブ132を閉じ, 排気装置135によって処理室102内を減圧した後, バルブ128を開放し, 処理ガス供給源130から処理ガスを供給し, 処理室102内の圧力を所定の圧力とする。この状態で第1の高周波電源140, 第2の高周波電源150からそれぞれ所定の高周波電力を供給し, 上記処理ガスをプラズマ化させてウエハWに作用させる。

#### 【0036】

一方, 高周波電力を供給するタイミングの前後に, 直流電源113を静電チャック111内の電極112に印加して, ウエハWを静電チャック111上に静電吸着させる。またエッチング処理の際には, 温度調節媒体室107へ所定の温度に設定した冷媒(チラー)を供給してサセプタ105を冷却するとともに, ウエハWの裏面に所定の圧力の伝熱媒体(例えはHeガスなどのバックサイドガス)を供給することにより, ウエハWの表面温度を所定の温度に制御する。本発明ではこのウエハWの表面温度を20℃以下の低温にしてエッチング処理を行うことにより, エッチングによるウエハの不都合を解消するものである。

#### 【0037】

ここで, 冷媒の温度(下部電極の温度)とウエハWの表面温度との関係を図3に示す。冷媒の温度が例えは-20℃, 25℃, 40℃, 60℃のときのウエハの表面温度を測定し, プロットしたものである。冷媒の温度が低いほど, ウエハWの表面温度も低くなるので, 図3に示すように冷媒の温度とウエハWの表面温度とはほぼ比例関係にある。

#### 【0038】

ところが, ウエハWの吸着方法などによって冷却効率が異なるため, 冷媒の温度とウエハWの表面温度との関係にずれが生じる。例えはサセプタ105にバックサイドガスを供給しつつ, 静電吸着してウエハWを保持した場合には, 図3に示す冷媒温度25℃のときのウエハWの表面温度は約55℃(黒三角)である。

#### 【0039】

これに対して同様の条件で, ウエハWをグリースで静電チャック111に付着させたときのウエハWの表面温度は約40℃となり, 温度が低下していることがわかる。これはグリースによりウエハWの静電チャック111に対する吸着力が大きくなり, 冷却効率が向上したからである。

#### 【0040】

従って, グリースを使用した場合, 冷媒の温度とウエハWの表面温度との関係はプロット(黒丸)を通る直線y2に示すような比例関係になるのに対して, グリースを使用しない場合, (黒三角)を通る直線y1に示すような比例関係になるものと考えられる。

## 【0041】

次に、本発明と比較するために、エッチング処理によりウエハW上に不都合が生じる場合について図面を参照しながら説明する。図4は、下記のベースとなる第1のエッチング条件で、ウエハWの表面温度が約40°C（グリース使用時）となるように、冷媒の温度（下部電極の温度）を25°Cにしてエッチング処理を行った場合の実験結果である。

## 【0042】

[ベースとなる第1のエッチング条件]

処理ガス： $C_4F_6 + Ar + O_2$

処理ガス流量比： $C_4F_6 / Ar / O_2 = 14 \text{ sccm} / 500 \text{ sccm} / 17 \text{ sccm}$

処理室内圧力：20 mTorr

上部電極印加高周波電力：1600W

下部電極印加高周波電力：800W

電極間距離：35mm

温度（上部電極／側壁）：60°C / 50°C

バックサイドガス圧力（センター／エッジ）：3 Torr / 3 Torr

エッチング時間：60sec

## 【0043】

図4（a）は、ArFフォトレジスト膜230上部表面の状態を示し、図4（b）はArFフォトレジスト膜230及び反射防止膜220をアッシング等により除去した後のシリコン酸化膜210の上部表面の状態を示す図である。図4（a）によれば、ArFフォトレジスト膜230に表面荒れ260が発生していることがわかる。このようにArFフォトレジスト膜230に表面荒れ260が発生すると、エッチングの進行と共に、開口部の形状が変化して、設計した形状のエッチング孔やエッチング溝が形成できなくなるなどの不都合が生じる。このため、ArFフォトレジスト膜230の表面荒れ260を防止する必要がある。この点、後述する本実施形態によるエッチング方法によれば、表面荒れ260を防止することができる。

## 【0044】

また、図4（b）によれば、開口の形状がギザギザになっていることから、ストライエーション250が生じていることがわかる。ここでいうストライエーション250とは、図5に示すようにエッチング処理によって形成された孔240の内側面に形成された縦すじ状の切欠（又は溝）のことをいう。このようなストライエーション250が発生すると、図5に示すように孔240と孔240との間隔Dが狭くなってしまうため、このまま半導体装置を形成すると、例えばショートが発生するなどの不都合が生じる。このため、ストライエーション250の発生も防止する必要がある。この点、後述する本実施形態によるエッチング方法によれば、ストライエーション250の発生も防止することができる。

## 【0045】

ここで、上述したようなストライエーション250が発生する原因の1つとして考えられる点を図6を参照しながら説明する。ArFフォトレジスト膜230などのように酸素Oを含むレジストをマスクとし、 $C_4F_6$ ガスなどのCF系ガスを処理ガスとしてエッチング処理すると、エッチング処理によって生じた反応生成物（ $C_xF_x$ ）がArFフォトレジスト膜230の表面（上面や側面）に付着して堆積する。このように反応生成物（ $C_xF_x$ ）がArFフォトレジスト膜230の表面全体に付着していれば、反応生成物（ $C_xF_x$ ）はArFフォトレジスト膜230の保護膜として機能するため、表面荒れやストライエーションが発生する事がない。

## 【0046】

ところが、図6（a）に示すように、CF系ガスのプラズマにより、ArFフォトレジスト膜230に含まれる酸素結合が切れて酸素Oなどが自由になり、ArFフォトレジスト膜230の表面でCF系ラジカルと反応して例えばCO、 $C_xF_x$ として放出してしまう。このような現象が発生している部分では、CF系ガスのプラズマにより、反応生成物（ $C_xF_x$ ）が付着する現象よりも、ArFフォトレジスト膜230に含まれる酸素Oなど

がC F系ガスと反応してCO, CFxとして放出される現象の方が勝るため, ArFフォトレジスト膜230に反応生成物(CxFx)が付着し難くなる。特に, ArFフォトレジスト膜230の表面のうち, レジストに対する選択比が低い肩部においてこのような現象が顕著に現れる。

#### 【0047】

また, ArFフォトレジスト膜230の表面のうち, 反応生成物(CxFx)が付着しない部分は, エッチング処理の進行により徐々にスパッタリングされて, 図6(b)に示すようにその部分だけArFフォトレジスト膜230がなくなるため, ストライエーション250の発生原因となるものと考えられる。

#### 【0048】

そこで, 本発明では, 上述したようなArFフォトレジスト膜230の表面荒れ, ストライエーション(縦すじ状の切欠)250を防止するため, ウエハWの表面温度を低温にしてエッチング処理を行う。

#### 【0049】

すなわち, ウエハWの表面温度を低温にしてエッチング処理を行うことにより, 反応生成物(CxFx)が付着する現象の方が, ArFフォトレジスト膜230に含まれる酸素OなどがC F系ガスと反応してCO, CFxなどとして放出される現象よりも勝るようになるため, ArFフォトレジスト膜230に反応生成物(CxFx)が付着し易くなる。また, 低温化することによりC F系ガスのプラズマによる, ArFフォトレジスト膜230に含まれる酸素結合切断反応を低下させることも考えられる。これにより, 本発明によれば, ArFフォトレジスト膜230の表面荒れ260, ストライエーション(縦すじ状の切欠)250を防止できる。

#### 【0050】

次に, 上述した原理に基づき, ウエハWの表面温度を低温にしてエッチング処理を行った実験結果を図7を参照しながら説明する。図7は, 上記のベースとなる第1のエッチング条件で, ウエハWの表面温度が約-10°C(グリース使用時)となるように, 冷媒の温度(下部電極を構成するサセプタ105の温度)を-20°Cにしてエッチング処理を行った場合の実験結果である。

#### 【0051】

図7(a)は, ArFフォトレジスト230の上部表面の状態を示し, 図7(b)はArFフォトレジスト膜230及び反射防止膜220をアッティング等により除去した後のシリコン酸化膜210の上部表面の状態を示す図である。図7(a)によれば, ArFフォトレジスト膜230に表面荒れが発生していないことがわかる。なお, エッチング処理により形成された孔240には縁部252が見られるが, これは, ArFフォトレジスト膜230の肩の部分である。また, 図7(b)によれば, 開口の形状が丸くなってしまいギザギザがないことから, ストライエーション250が生じていないことがわかる。このように, ウエハWの表面温度を低温にしてエッチング処理を行うことにより, ArFフォトレジスト膜230の表面荒れ, ストライエーション(縦すじ状の切欠)250を防止できる。

#### 【0052】

さらに, ウエハWの表面温度を低温にしてエッチング処理を行うことにより, ArFフォトレジスト膜230に対するシリコン酸化膜210のエッチングレート, 選択比も向上することもわかった。ここで, 上記のベースとなる第1のエッチング条件で, 図3に示すように冷媒の温度(下部電極を構成するサセプタ105の温度)を60°C, 40°C, 25°C, -20°Cにしてエッチング処理を行った場合の実験結果を表1に示す。このとき, 対応するウエハW(グリース使用時)の表面温度は, 約75°C約, 約55°C, 約40°C, 約-10°Cである。

#### 【0053】

(表1)

冷媒の温度（下部電極の温度）[℃]	60	40	25	-20
ウエハ表面温度[℃]	約75	約55	約40	約-10
エッティングレート[nm/min]	332	337	350	410
選択比	6.2	7.1	7.0	22.3

**【0054】**

上記表1におけるエッティングレートは、シリコン酸化膜210のエッティングレートであり、選択比は、ArFフォトレジスト膜230に対するシリコン酸化膜210の選択比である。表1によれば、冷媒の温度（下部電極の温度）を低くするほど、すなわちウエハ表面温度を低くするほど、エッティングレートと選択比が向上していることがわかる。

**【0055】**

以上のように、ウエハWの表面温度を低くするほど、表面荒れ260やストライエーション250を抑えることができ、エッティングレート、選択比も向上させることができる。実用的には、ウエハWの表面温度を20℃以下とするのが好ましく、0℃以下とするのがより好ましい。

**【0056】**

なお、ウエハWの表面温度を低くする手段としては、抜熱手段と吸熱手段がある。抜熱手段による場合としては、例えば上述したように温度調節媒体室107へ供給する冷媒の温度（下部電極の温度）を下げることが挙げられる。この場合、ウエハWの吸着力を高めることにより、冷却効果を高めることができる。

**【0057】**

ウエハWの吸着力を高める方法としては、例えば上述したようにウエハWの裏面にグリースを塗ることにより、静電チャック111の表面との密着性を高めることの他、ウエハWの裏面を予め鏡面加工したり、ウエハWをクランプで押しつけることが挙げられる。

**【0058】**

また、ウエハWの裏面に予めSiN膜を成膜させておくことにより、静電チャック111からの静電気がウエハWのSiN膜とウエハ基板との境界面に溜り易くなるため、吸着力を向上させることができる。この場合、ウエハ基板は、SiNとSiO<sub>2</sub>の積層構造にすることで、より静電気が溜り易くなるため、より吸着力を向上させることができる。

**【0059】**

さらに、静電チャック111としてジョンソンラーベック方式を利用した静電チャックを使用した場合は、低温下においても吸着力となるリーク電流が流れるように静電チャック111の電極の材質を変更するようにしてもよい。これにより、低温下における吸着力を向上させることができる。ジョンソンラーベック方式を利用した静電チャックとは、例えば静電チャック111のウエハ載置面はセラミック等の無機材料やポリイミド樹脂などの耐熱性樹脂等の誘電体からなる誘電体膜層によって被覆されており、この誘電体膜層を静電チャックとして用いるものである。すなわち、膜厚d、誘電率εの誘電体膜層の片側から直流電圧を印加すると、誘電体膜層の両側に単位面積当り  $Q = \epsilon V / d$  の正負の電荷が蓄積される。このときの電荷がクーロン力となってウエハWが誘電体膜層を介して吸着される。しかしながら、誘電体膜層の比抵抗率が  $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$  より小さい材料によって形成されている場合には、誘電体膜層に微少電流が流れ、電荷が誘電体膜層の表面に蓄積されるため、見かけ上dが非常に小さくなり、強い吸着力が得られる。従って、低温下においても強い吸着力が得られるように、電極の材質、すなわち誘電体膜層の材料として例えば比抵抗率が  $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$  よりも小さい材料を用いる。これにより、低温下においてもウエハWの吸着力を大きくすることができる。

**【0060】**

上記吸熱手段による場合としては、例えば下部電極を構成するサセプタ105へ印加する第2の高周波電力を低くしたり、ウエハWの裏面へ供給するバックガス（例えばHeガ

ス) の圧力を大きくすることが挙げられる。ここで、下部電極へ印加する第2の高周波電力とバックガス圧力を変化させたときのウエハWの表面温度分布を図8に示す。図8によれば、下部電極へ印加する第2の高周波電力を低くするほど、バックガス圧力を高くするほど、ウエハWの表面温度が低下することがわかる。

#### 【0061】

このような抜熱手段、吸熱手段により、またこれらを適宜組合せて、ウエハWの表面温度が20℃以下となるように制御しつつ、エッティング処理を行う。これにより、低温下でのエッティング処理を実現することができる。

#### 【0062】

次に、本発明の第2実施形態について図面を参照しながら説明する。第2実施形態では、エッティング装置100によりエッティング対象膜を変えてエッティング処理を行った場合の実施形態である。すなわち、第1実施形態におけるエッティング対象膜は、シリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>膜)であるのに対して、第2実施形態におけるエッティング対象膜は、ケイ素原子(Si)、酸素原子(O)、炭素原子(C)を含む低誘電率絶縁膜である。このような低誘電率絶縁膜としては、例えばCDO(Carbon Doped Oxide)膜が挙げられる。本実施形態では、エッティング対象膜としてCDO膜(例えばASM International社製、Aurora(商品名))を使用する。このCDO膜の比誘電率(k値)は、2.4~2.6である。

#### 【0063】

第2実施形態では、ウエハ上に形成された上述のCDO膜を、脂環族アクリレート樹脂及び/または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジスト例えばArFフォトレジストをマスクとしてエッティングする。この場合の具体的な膜構造は図2に示す膜構造200において、エッティング対象膜となるシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>膜)210の部分をCDO膜に変えた場合と同様である。

#### 【0064】

ここで、下記のベースとなる第2のエッティング条件でさらに、冷媒の温度(下部電極の温度)を例えば0℃、-30℃のように下げてエッティング処理を行う。なお、冷媒の温度を0℃に設定した場合にはウエハWの表面温度は約15℃となり、冷媒の温度を-30℃に設定した場合にはウエハWの表面温度は約-9℃となる。

#### 【0065】

##### [ベースとなる第2のエッティング条件]

処理ガス: C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> + CO + N<sub>2</sub>

処理ガス流量比: C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> / CO / N<sub>2</sub> = 6 sccm / 30 sccm / 460 sccm

処理室内圧力: 100 mTorr

上部電極印加高周波電力: 400 W

下部電極印加高周波電力: 1500 W

電極間距離: 35 mm

温度(上部電極/側壁): 60℃ / 60℃

バックサイドガス圧力(センター/エッジ): 15 Torr / 40 Torr

エッティング時間: 30 sec

#### 【0066】

上記のようなエッティング処理後にエッティング形状を調べたところ、冷媒の温度(下部電極の温度)を下げるほど、表面荒れ、ストライエーション(縦すじ状の切欠)250は改善された。ArFフォトレジスト膜は、例えばKrFフォトレジスト膜に用いられるような高いプラズマ耐性を有するベンゼン環を含む樹脂を用いないため、このArFフォトレジスト膜をマスクとすれば、エッティング対象がCDO膜であっても、エッティング処理によってストライエーションが発生する。ところが、第2実施形態のように、ウエハWの表面温度を低温にしてエッティング処理を行うことにより、エッティング対象膜がCDO膜であっても、ArFフォトレジスト膜230の表面荒れ、ストライエーション(縦すじ状の切欠)250を防止できる。

## 【0067】

また、冷媒の温度（下部電極の温度）を0℃に下げて、第2のエッティング条件でエッティング処理した場合は、ArFフォトレジスト膜に対するCDO膜のエッティングレートは、ウエハWのセンター付近では444nm/minであり、エッジ付近では452nm/m inであり、ArFフォトレジスト膜に対するCDO膜の選択比はウエハWのセンター（中央）付近では6.9であり、エッジ（端部）付近では15.1であった。

## 【0068】

そして、冷媒の温度（下部電極の温度）をさらに-30℃まで下げて、第2のエッティング条件でエッティング処理した場合は、ArFフォトレジスト膜に対するCDO膜のエッティングレートは、ウエハWのセンター付近では620nm/minであり、エッジ付近では616nm/minであり、ArFフォトレジスト膜に対するCDO膜の選択比はウエハWのセンター付近では17.2であり、エッジ付近では13.4であった。

## 【0069】

この実験結果によれば、エッティング対象膜をCDO膜としても、冷媒の温度（下部電極の温度）を低くするほど、すなわちウエハ表面温度を低くするほど、エッティングレートと選択比が向上していることがわかる。なお、本実施形態では、上記第1実施形態において説明したような特別な抜熱手段、吸熱手段を利用していない。

## 【0070】

以上、添付図面を参照しながら本発明に係る好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されることは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

## 【0071】

例えば、エッティング装置としては、平行平板型プラズマエッティング装置に限らず、ヘリコン波プラズマエッティング装置、誘導結合型プラズマエッティング装置等に適用してもよい。

## 【0072】

また、エッティング対象膜をエッティングする際に、例えば下地が現れたところまでエッティングするメインエッティングの後に、残りのエッティング対象膜をエッティングするオーバーエッティングを行う場合がある。このようなメインエッティングにおいて本発明を適用してもよく、またオーバーエッティングのときに本発明を適用してもよい。オーバーエッティングのときにもウエハWの表面温度を低くすることにより、レジスト膜の表面荒れなどを防止することができ、オーバーエッティングについても効果的に行うことができる。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0073】

本発明は、エッティング方法及びエッティング装置に適用可能である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0074】

【図1】本発明の第1実施形態におけるエッティング装置の概略構成を示す断面図である。

【図2】同実施の形態においてエッティング処理を施す膜構造を示す断面図である。

【図3】同実施の形態における温度調節媒体室へ供給する冷媒の温度とウエハの表面温度との関係を示す図である。

【図4】冷媒の温度（下部電極の温度）を25℃にしてエッティング処理を行った場合の実験結果を示す図であり、図4（a）はレジスト上部表面の状態を示し、図4（b）はレジスト膜及び反射防止膜をアッシング等により除去した後のシリコン酸化膜の上部表面の状態を示している。

【図5】ストライエーションを説明するための模式図である。

【図6】ストライエーションの発生原理を説明するための模式図である。

【図7】冷媒の温度（下部電極の温度）を-20℃にしてエッティング処理を行った場

合の実験結果であり、図7 (a) はレジスト上部表面の状態を示し、図7 (b) はレジスト膜及び反射防止膜をアッシング等により除去した後のシリコン酸化膜の上部表面の状態を示している。

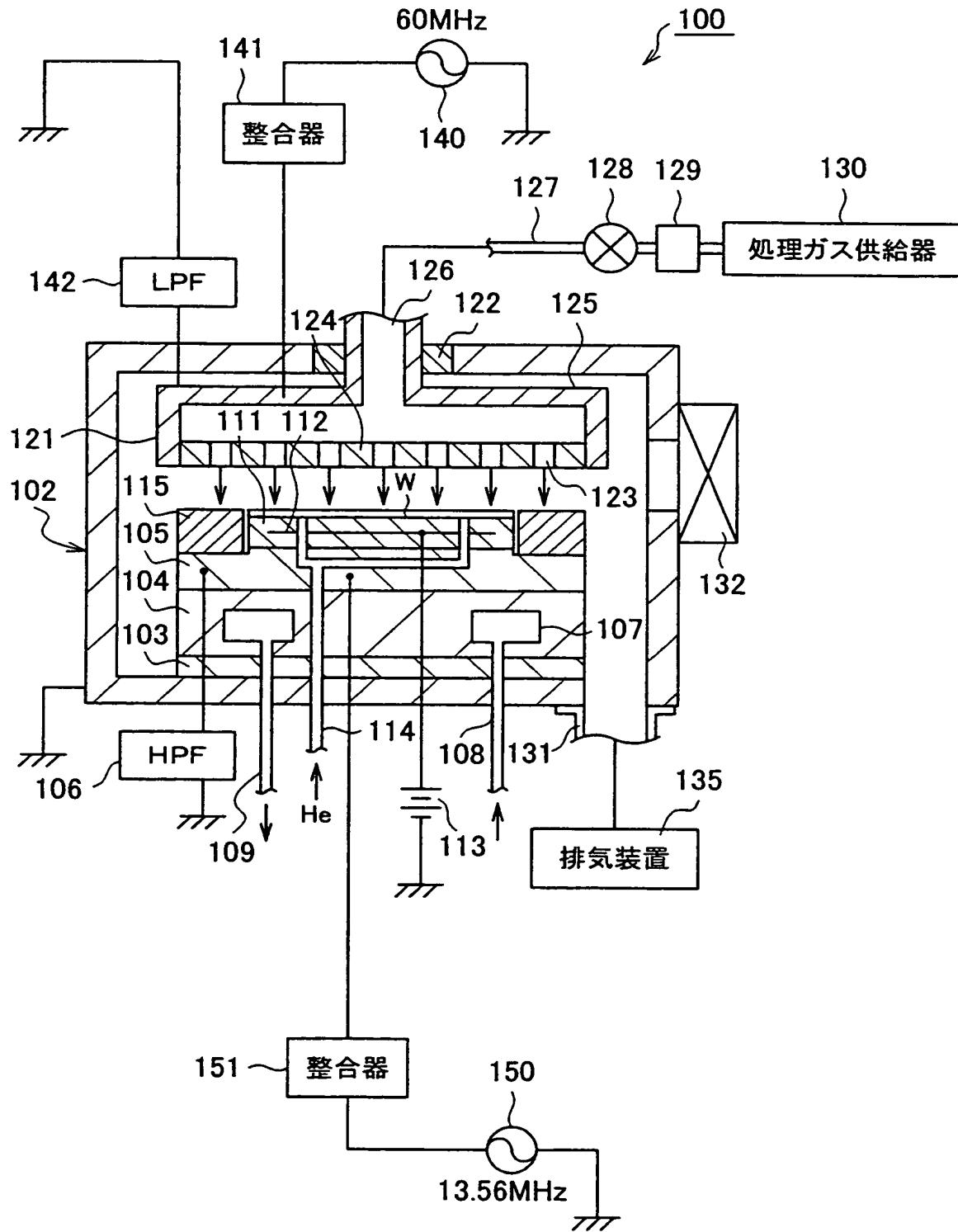
【図8】下部電極へ印加する第2の高周波電力とバックガス圧力とを変化させたときのウエハの表面温度分布を示す図である。

【符号の説明】

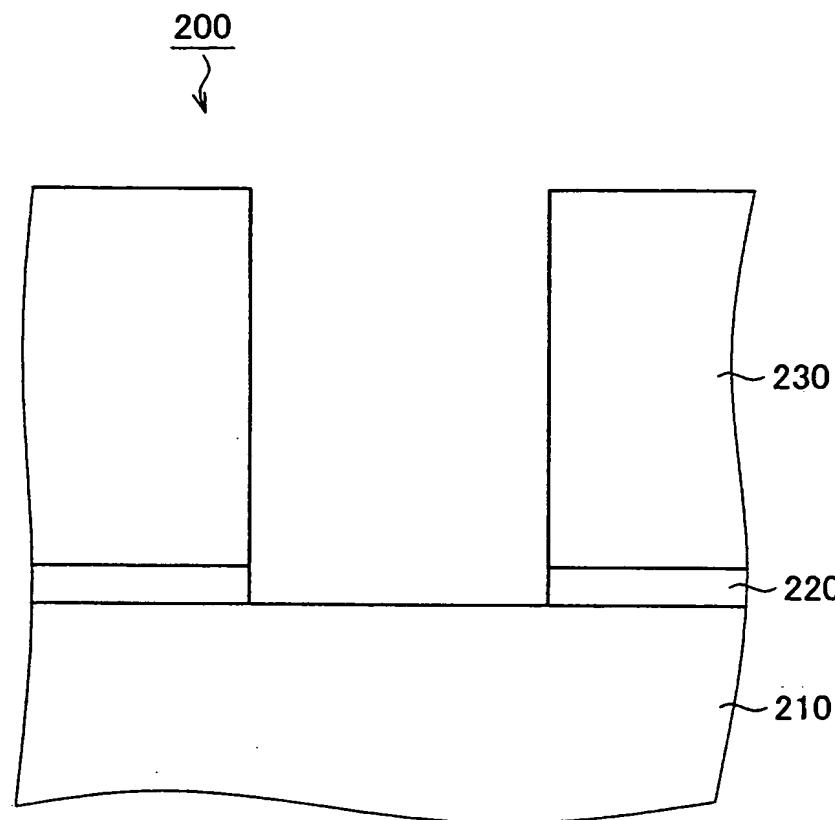
【0075】

100	エッチング装置
102	処理室
103	絶縁板
104	サセプタ支持台
105	サセプタ
107	温度調節媒体室
108	導入管
109	排出管
111	静電チャック
112	電極
113	直流電源
114	ガス通路
115	フォーカスリング
121	上部電極
122	絶縁材
123	吐出孔
124	電極板
125	電極支持体
126	ガス導入口
127	ガス供給管
128	バルブ
129	マスフローコントローラ
130	処理ガス供給源
131	排気管
132	ゲートバルブ
135	排気装置
140	高周波電源
141	整合器
150	高周波電源
151	整合器
200	膜構造
210	シリコン酸化膜
220	反射防止膜
230	フォトレジスト膜
240	孔
250	ストライエーション
252	縁部
260	表面荒れ
W	ウエハ

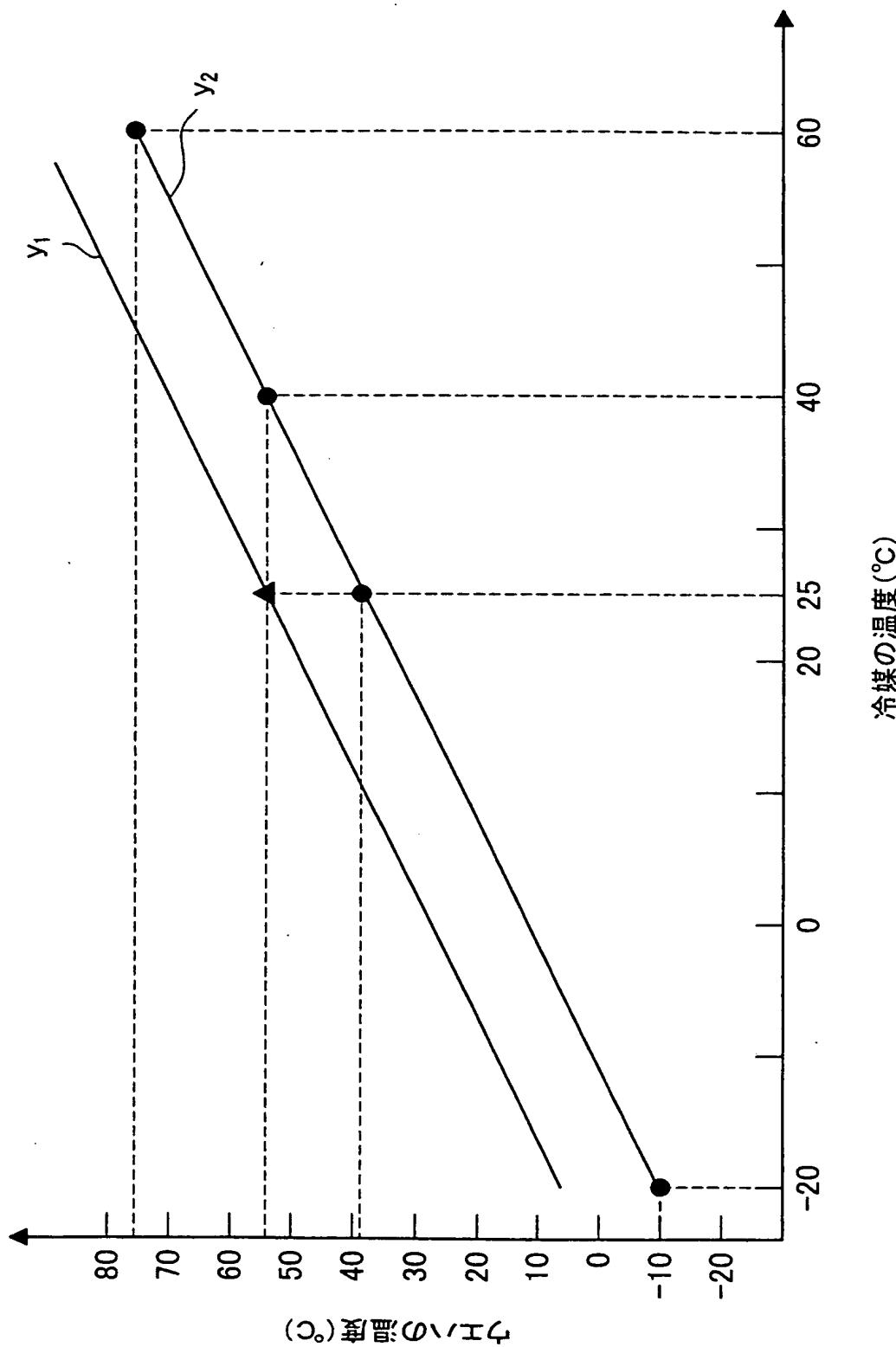
【書類名】図面  
【図1】



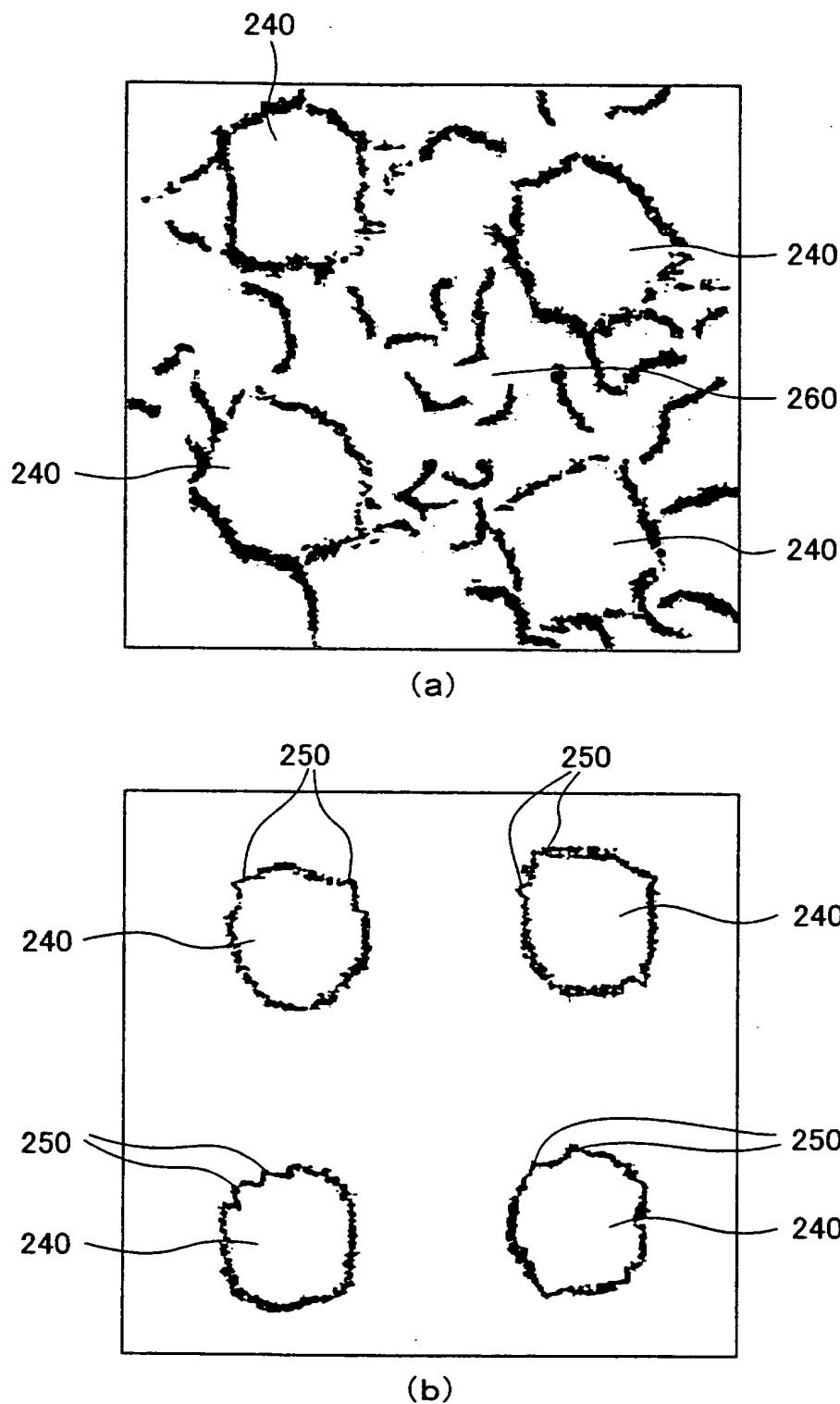
【図2】



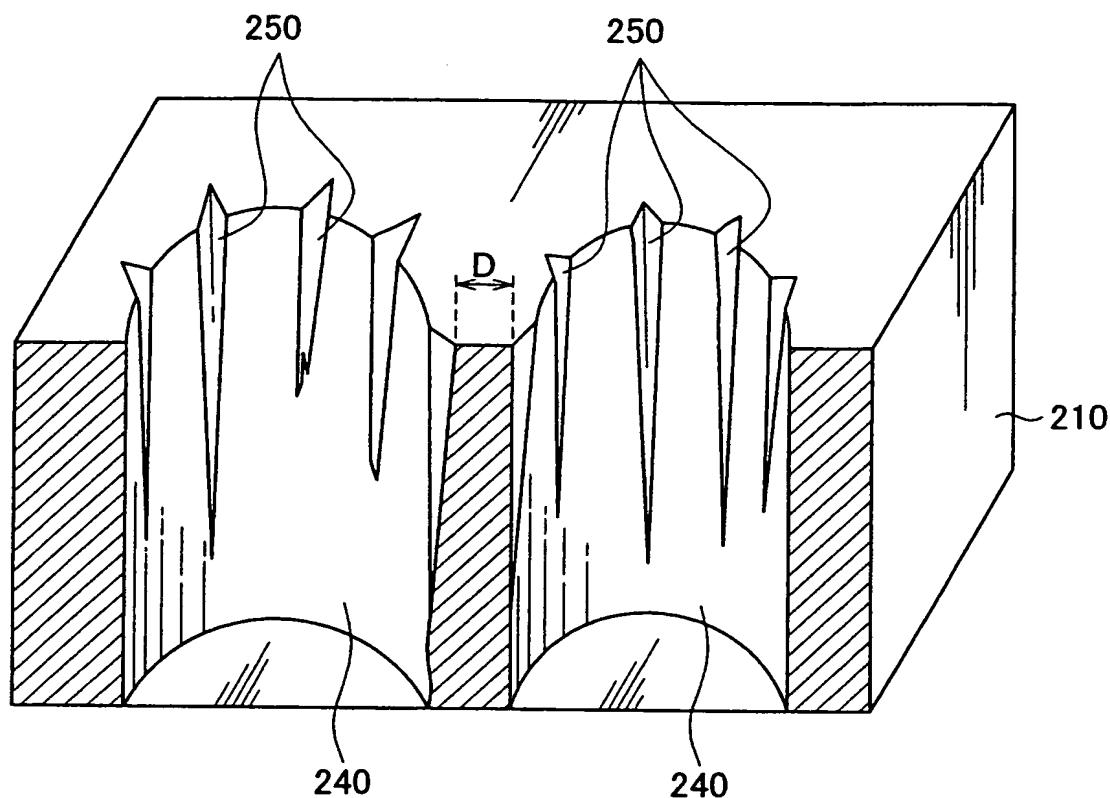
【図3】



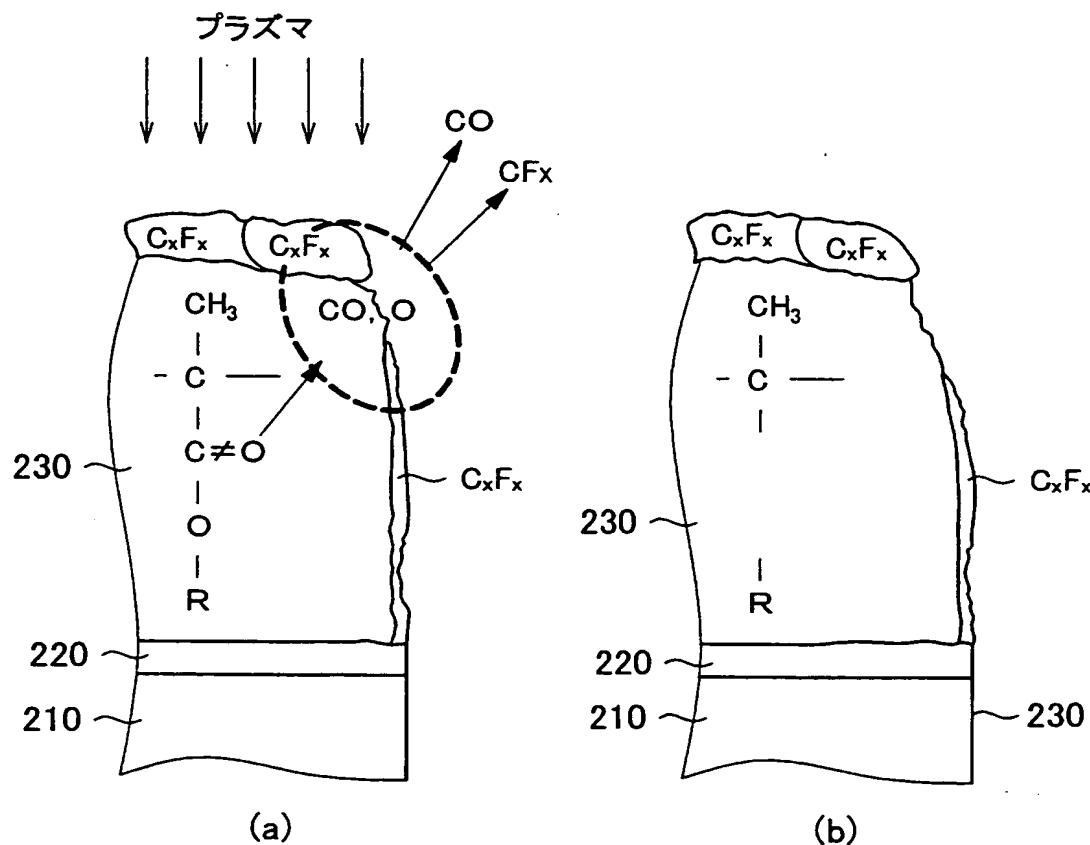
【図4】



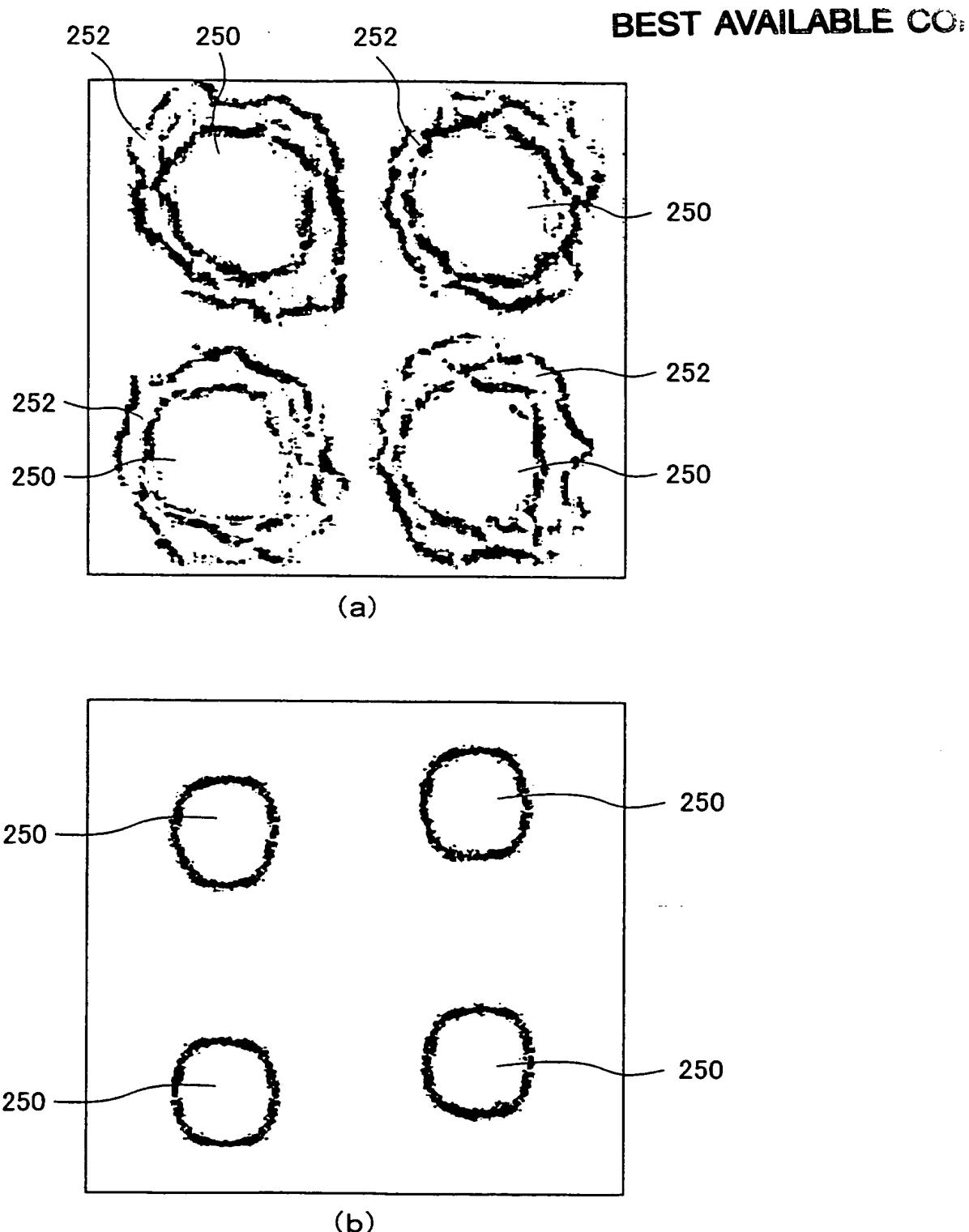
【図5】



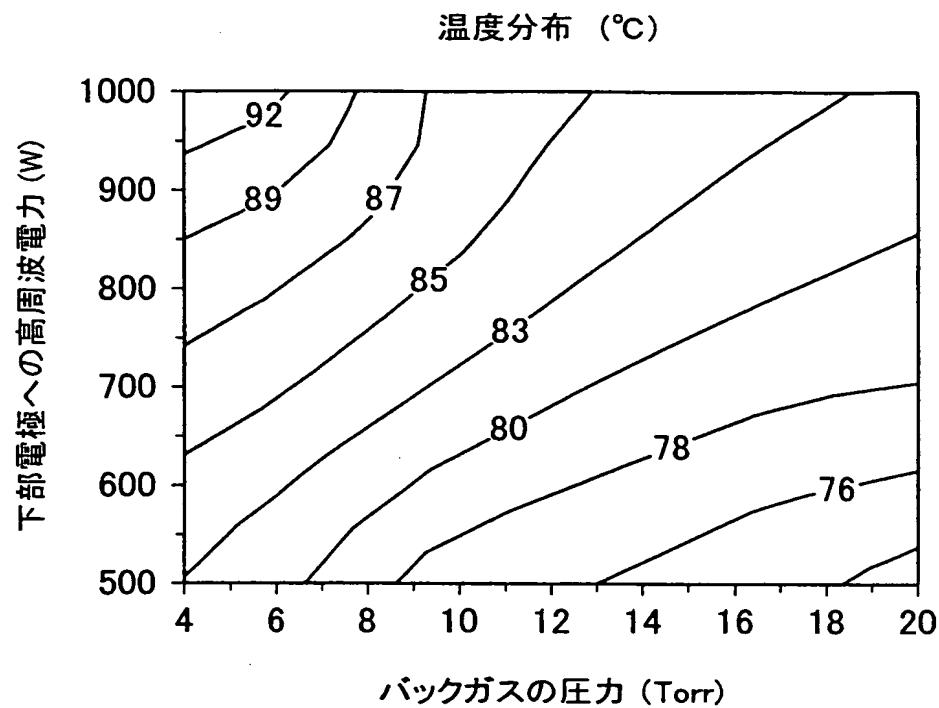
【図6】



【図7】



【図8】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジスト膜をマスクとしてエッティング処理する際に、レジスト膜の表面荒れやストライエーションを抑制することができる。

【解決手段】 気密な処理室内に処理ガスを導入してプラズマ化し、処理室102内の半導体ウエハWに形成されたエッティング対象膜例えはシリコン酸化膜に対して、脂環族アクリレート樹脂及び／または脂環族メタクリレート樹脂を含むレジスト例えはArFフォトレジストをマスクとしてプラズマエッティング処理を施すエッティング方法において、半導体ウエハWの表面温度を20℃以下の低温に保持しつつ、プラズマエッティング処理を行う。

【選択図】 図1

## 認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2004-059674
受付番号	50400352524
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成 16 年 3 月 8 日

## &lt;認定情報・付加情報&gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】	000219967
--------	-----------

【住所又は居所】	東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号
----------	--------------------

【氏名又は名称】	東京エレクトロン株式会社
----------	--------------

## 【代理人】

【識別番号】	100095957
--------	-----------

【住所又は居所】	東京都新宿区四谷 3-1-3 第一富澤ビル は づき国際特許事務所四谷オフィス
----------	--

【氏名又は名称】	亀谷 美明
----------	-------

## 【選任した代理人】

【識別番号】	100096389
--------	-----------

【住所又は居所】	東京都新宿区住吉町 1-12 新宿曙橋ビル は づき国際特許事務所
----------	--------------------------------------

【氏名又は名称】	金本 哲男
----------	-------

## 【選任した代理人】

【識別番号】	100101557
--------	-----------

【住所又は居所】	東京都新宿区住吉町 1-12 新宿曙橋ビル は づき国際特許事務所
----------	--------------------------------------

【氏名又は名称】	萩原 康司
----------	-------

特願 2004-059674

出願人履歴情報

識別番号 [000219967]

1. 変更年月日 2003年 4月 2日

[変更理由] 住所変更

住 所 東京都港区赤坂五丁目3番6号  
氏 名 東京エレクトロン株式会社